

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

21.10.03 RECEIVED  
04 DEC 2003  
WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2002年 9月27日

出願番号  
Application Number: 特願2002-283954  
[ST. 10/C]: [JP2002-283954]

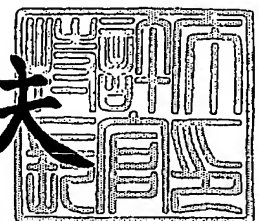
出願人  
Applicant(s): エヌイーシーマシナリー株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月20日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3095848

【書類名】 特許願

【整理番号】 P14-308

【提出日】 平成14年 9月27日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 B23K 26/00  
B23K 26/08  
B23K 26/36

【発明の名称】 周期構造作成方法

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 宮崎県宮崎市学園木花台北1丁目6番地17

【氏名】 黒澤 宏

【発明者】

【住所又は居所】 滋賀県草津市南山田町縄手崎85番地 エヌイーシーマ  
シナリー株式会社内

【氏名】 沢田 博司

【特許出願人】

【識別番号】 000110859

【氏名又は名称】 エヌイーシーマシナリー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064584

【弁理士】

【氏名又は名称】 江原 省吾

【選任した代理人】

【識別番号】 100093997

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 秀佳

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101616

【弁理士】

【氏名又は名称】 白石 吉之

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100107423

【弁理士】

【氏名又は名称】 城村 邦彦

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100120949

【弁理士】

【氏名又は名称】 熊野 剛

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100121186

【弁理士】

【氏名又は名称】 山根 広昭

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019677

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 周期構造作成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 材料表面に、一軸でかつ加工閾値近傍のレーザを照射し、その照射部をオーバーラップさせながら走査して、入射光とその材料表面に沿った散乱光の干渉部分のアブレーションによって自己組織的に周期構造を作成することを特徴とする周期構造作成方法。

【請求項 2】 前記レーザの走査速度を、レーザスポット径およびレーザ発振周波数に応じて、同一部分におけるレーザ照射回数が 1 0 ～ 3 0 0 ショットになるように設定することを特徴とする請求項 1 に記載の周期構造作成方法。

【請求項 3】 前記材料表面へのレーザの入射角を変更して、周期構造の周期ピッチを変更することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の周期構造作成方法。

【請求項 4】 前記レーザが入射角を有し、レーザの走査方向を変更して、周期構造を変更することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の周期構造作成方法。

【請求項 5】 前記偏光方向を変化することにより、周期構造の方向を変化することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の周期構造作成方法。

【請求項 6】 前記レーザをビームエキスパンダ、またはビームエキスパンダおよびシリンドリカルレンズにより広範囲に形成して照射することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の周期構造作成方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は周期構造作成方法に関し、特に材料表面に一軸のレーザを照射して、微細な凹凸を周期的に形成する周期構造作成方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、従来の機械と比較すると 2 桁以上小さい寸法の部品から構成されている

マイクロマシンの研究が活発に行なわれている。重力等の慣性は寸法の 3 乗に比例するが、表面力は寸法の 2 乗に比例するため、マイクロマシンのような小さな部品の動作時には、重力の影響よりも、2 物体間に作用する表面力の影響が顕在化してくる。特に、2 物体間の界面間に大気中の水分が凝縮した水の表面張力（メニスカス力）に起因する引き離し力（凝着力）が、摩擦力に支配的な影響を与えることが知られている（例えば、非特許文献 1 参照。）。また、この引き離し力は、表面の微細な凹凸により大きく低減できることが知られている（例えば、非特許文献 2 参照。）。

#### 【0003】

さらに、ナノスケールの凹凸は、摩耗の抑制や潤滑剤の保持機能による長寿命化に著しい効果があることも報告されており（例えば、非特許文献 3 参照）、表面にナノスケールの微細構造を形成する加工法の開発が望まれている。

#### 【0004】

一方、加工閾値近傍のフルエンスで直線偏光のレーザをポリマに照射すると、グレーティング状の微細周期構造が形成されることが知られている（例えば、非特許文献 4, 5, 6 参照）。また、金属や半導体にも同様の微細周期構造が形成でき、照射角度により、その周期ピッチが変化することが報告されている（例えば、非特許文献 7, 8 参照）。

#### 【0005】

いずれも、波長オーダーの周期構造が自己組織的に形成されるが、その範囲はレーザスポット内に限られている。したがって、その応用範囲も極狭い領域に限定される。もし、この周期構造を各種材料に対して広範囲に形成できれば、トライボロジー特性の改善に有効な加工法となる。さらにフェムト秒レーザを用いることで、熱影響による材料特性の劣化が現われやすい小型部品や、非常に薄い部品にも適用することが可能になる。

#### 【0006】

さらに、チタンサファイアレーザを集光した高強度のフェムト秒パルスで、2 つに分割して光路長の異なる時間差を有する 2 軸レーザを材料表面に照射して、材料表面において、これら 2 軸レーザの干渉によって、微細な周期構造を形成す

ること、および材料をX-Yステージに取りつけて、レーザの繰り返し周波数と同期させて走査することによって、材料全体に周期構造を形成することが報告されている（例えば、非特許文献9参照）。

【0007】

【非特許文献1】

安藤泰久, 田中敏幸, 伊能二郎, 角田和雄: ナノメートルスケールの表面形状と摩擦力・引き離し力の関係, 日本機械学会論文集 (C編), 65, 637(1990)306.

【非特許文献2】

K.N.G.Fuller and D.Taber,: The effect of surface roughness on the adhesion of elastic solids, Proc.Roy.Soc.Lond., A, 345, (1975)327.

【非特許文献3】

M.Maillat, S.M.Pimenov, G.A.Shafeev and A.V.Simakin, Tribol Lett., 4, (1998), 237.

【非特許文献4】

P.E.Dyer and R.J.Farley: Periodic surface structures in the excimer laser ablative etching polymers., Appl.Phys.Lett., 57, 8(1990)765.

【非特許文献5】

H.hiraoka and M.Sendova: Laser-induced sub-half-micrometer periodic structure on polymer surfaces., App.Phys.Lett., 64, 5(1994)563.

【非特許文献6】

M.Bolle and S.Lazare: Submicron periodic structures produced on polymer surfaces with polarized excimer laser ultraviolet radiation, Appl.Phys.Lett., 60, 6(1992)674.

【非特許文献7】

A.E.Siegman, P.M.Fauchet: Stimulated Wood's anomalies on laser-illuminated surfaces, IEEE J.Quantum Electron., QE-20, 8(1986)1384.

【非特許文献8】

南志昌, 豊田浩一: レーザー誘起表面電磁波による金属・半導体のリップル形成入射角依存性, レーザー研究, 28, 12(2000)824.

**【非特許文献 9】**

河村賢一，平野正浩，細野秀雄：フェムト秒レーザーのシングルパルス干渉露光による無機材料の微細加工とその応用，レーザー研究, 30, 5(2002)244.

**【0008】****【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

上記の非特許文献 9 に記載されている 2 軸レーザによる干渉を用いる方法では、レーザを分割して 2 軸レーザを形成することが必須で、しかも、その光路差を厳密に等しくする必要があるのみならず、レーザの走査速度を周期構造の周期ピッチに厳密に対応させる必要があり、光軸管理などが極めて煩雑であり、また装置が複雑・高価になる。さらに、もし、材料を支持するテーブルが振動すると、周期構造のピッチが乱れるという解決すべき課題があった。

**【0010】**

そこで、本発明は、上述のような 2 軸レーザを使用することなく、各種材料表面に一軸のレーザを照射して周期構造を作成できる周期構造作成方法を提供することを目的とする。

**【0011】****【課題を解決するための手段】**

本発明の請求項 1 に記載された周期構造作成方法は、材料表面に、一軸でかつ加工閾値近傍のレーザを照射し、その照射部をオーバーラップさせながら走査して、入射光とその材料表面に沿った散乱光の干渉部分のアブレーションによって自己組織的に周期構造を作成することを特徴とするものである。

**【0012】**

ここで、レーザは、CO<sub>2</sub>レーザや YAG レーザなどのピコ秒やナノ秒パルスレーザなど、各種のレーザを用いることが可能であるが、例えば、チタンサファイアレーザを利用することができる。チタンサファイアレーザパルスは、例えば、パルス幅 120 fs、中心波長 800 nm、繰り返し周波数 1 kHz、パルスエネルギー 0.25～400 μJ/pulse、ピーク強度 107 kW の超短パルスのフェムト秒レーザである。

## 【0013】

超短パルスレーザ（フェムト秒レーザ）を材料表面に照射すると、CO<sub>2</sub>レーザやYAGレーザのピコ秒やナノ秒パルスレーザを照射する場合に比較して、レーザのパルス幅が小さいので熱伝導が小さく、レーザ照射部分近傍の基板温度上昇はほとんどないので、熱影響による材料特性の劣化が防止できる。また、レーザを照射した部分のみに微細な周期構造を作成できるため、マイクロマシンなどの微細な部品の用途に好適である。

## 【0014】

すなわち、レーザ照射時の熱拡散長 $L_D$ は、材料の拡散係数を $D$ 、レーザのパルス幅を $\tau_l$ とすると、 $L_D = (D \tau_l)^{1/2}$ で表せる。ここで、 $D = k_T / \rho c_p$ で、 $k_T$ 、 $\rho$ 、 $c_p$ は、それぞれ熱伝導度、密度および熱容量である。したがって、熱拡散長 $L_D$ は、パルス幅 $\tau_l$ の平方根に比例するため、超短パルスレーザを照射すれば、レーザ照射時の熱拡散長が非常に小さくなり、パルス幅がピコ秒以下になると、熱拡散をほとんど無視することができ、小型の部品加工に有利になる。

## 【0015】

レーザが基板表面に照射されると、基板の凹凸によりレーザが散乱され、表面散乱が生じる。直線偏光のレーザを基板に照射すると、 $p$ 偏光成分のみに入射光 $1$ とその表面に沿った散乱光の干渉が起こる。入射光のフルエンスが閾値近傍の場合、入射光と表面に沿った散乱光の干渉部分だけがアブレーションされる。一旦、アブレーションが始まり表面粗さが増加すると、次のレーザ照射時には、表面散乱の強度が大きくなり、さらにアブレーションが進むとともに、 $1$ 波長 $\lambda$ だけ離れた位置でも干渉が起こる。レーザ照射を繰り返すと、次々に自己組織的に波長間隔で周期構造（グレーティング構造）が形成されていく。このようにして、一軸のみのレーザ照射によって、周期構造を作成することができる。したがって、従来の2軸レーザを照射するものに比較して、装置が簡単、かつ安価になる。しかも、テーブルが振動しても、周期構造の周期ピッチが変化しないという優れた特長がある。

## 【0016】

本発明の請求項2に記載の周期構造作成方法は、前記レーザの走査速度を、レ



ーザスポット径およびレーザ発振周波数に応じて、同一部分におけるレーザ照射回数が10～300ショットになるように設定することを特徴とするものである。

#### 【0017】

前述のように、レーザ照射の繰り返しにより、次々に自己組織的に波長間隔で形成されていく周期構造の凹凸は、数十ショット程度で波長オーダーまで成長するが、300ショット以上レーザを照射すると熱影響により不明瞭となる。そこで、同位置に照射されるショット数の合計が10～300ショットとなるようにオーバーラップさせながら走査させることで、周期構造を広範囲に拡張形成することが可能になる。

#### 【0018】

本発明の請求項3に記載された周期構造作成方法は、前記材料表面へのレーザの入射角を変更して、周期構造の周期ピッチを変更することを特徴とするものである。

#### 【0019】

上記請求項3に記載の周期構造作成方法によれば、レーザの入射角度を変更することによって、入射光と材料表面に沿った散乱光との干渉によるアブレーションが変化して、周期ピッチを変更することができるので、任意の周期ピッチの周期構造を作成することができる。

#### 【0020】

本発明の請求項4に記載された周期構造作成方法は、レーザが入射角を有し、レーザの走査方向を変更して、周期構造を変更することを特徴とするものである。

#### 【0021】

上記請求項4に記載の周期構造作成方法によれば、入射角を有するレーザの走査方向を変更すると、入射光と材料表面に沿った散乱光との干渉によるアブレーションが変化して、周期構造を変更することができるので、同一のレーザ照射条件で走査方向を変更するのみで異なる周期構造を作成することができる。また、レーザの走査方向を変更すると共に、レーザの入射角を変更すれば、より多彩に

周期構造を変更することができる。

#### 【0022】

本発明の請求項5に記載された周期構造作成方法は、前記偏光方向を変化することにより、周期構造の方向を変化することを特徴とするものである。

#### 【0023】

上記請求項5に記載の周期構造作成方法によれば、p偏光成分と直交方向に周期構造が形成されることを利用して、p偏光成分の偏光方向を変更することによって、周期構造の方向を変更することができる。

#### 【0024】

本発明の請求項6に記載された周期構造作成方法は、前記レーザをビームエキスパンダ、またはビームエキスパンダおよびシリンドリカルレンズにより広範囲に形成して照射することを特徴とするものである。

#### 【0025】

上記請求項6に記載の周期構造作成方法によれば、レーザをビームエキスパンダによって広範囲に形成して、あるいは、ビームエキスパンダによって広範囲に形成されたレーザをシリンドリカルレンズにより扁平化して照射することによって、一度に幅広い範囲にレーザ照射が可能になり、広い面積に周期構造を効率的に作成することができる。

#### 【0026】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の原理について、図面を参照して説明する。図1は本発明の周期構造作成方法における周期構造形成メカニズムについて説明する概略斜視図と、周期構造の作成過程のブロック図とを示す。図1の概略斜視図において、レーザ1を試料2の表面に照射すると、入射光のp偏光成分3と、表面散乱光のp偏光成分5との干渉が起こり定在波7が生じる。なお、4は入射光のs偏光成分、6は表面散乱光のs偏光成分である。

#### 【0027】

入射光のフルエンスがレーザの閾値近傍の場合、入射光のp偏光成分3と表面に沿った散乱光のp偏光成分5の干渉部分だけがアブレーションされる(12)

。一旦アブレーションが始まり表面粗さが増加すると、次のレーザ照射時には表面散乱光の強度が増加し(13)、さらにアブレーションが進むとともに、1波長 $\lambda$ 離れた位置でも干渉が起こる。入射光が直線偏光の場合、レーザ照射を繰り返すと、それによって入射光の波長 $\lambda$ 間隔で干渉が生じることにより(14)、周期構造が自己組織化により作成される(15)。

#### 【0028】

この周期構造の凹凸は、10～300ショットで波長オーダーまで成長するが、300ショット以上レーザを照射すると、凹凸が不明瞭になる。したがって、同位置に照射されるショット数が10～300ショットとなるように、レーザをオーバーラップさせながら走査させることで、周期構造を試料表面の広範囲に拡張することが可能になる。なお、レーザの走査は、試料2を支持するテーブルを移動させてもよいし、レーザ側を走査してもよい。

#### 【0029】

図2は周期構造作成装置20の模式図を示す。なお、以下の説明において、具体的数値は理解を助けるために、あくまでも一例として記載したものであり、特に限定するものではないことを、予め断っておく。チタンサファイアレーザ発生装置21で発生したチタンサファイアレーザ1(パルス幅:120fs、中心波長 $\lambda$ :800nm、繰り返し周波数:1kHz、パルスエネルギーE:0.25～400 $\mu$ J)は、1/2波長板22と偏光ビームスプリッタ23を用いてパルスエネルギーを調整可能にした上で、レンズ(焦点距離: $f=100$ mm)24を通して、X-Y- $\theta$ ステージ25上の試料2の表面に照射した。X-Y- $\theta$ ステージ25の分解能は任意でよいが、例えば、2 $\mu$ mのものをを用いた。レーザ1が試料2上でオーバーラップしながら照射されるように、X-Y- $\theta$ ステージ25により0.25mm/s(125pps)の速度で試料2を移動させて、入射光と表面に沿った散乱光との干渉によるアブレーションを行ない、連続的に周期構造を作成した。

#### 【0030】

試料2の走査速度は、レーザ1のスポット径とレーザ1の波長 $\lambda$ とに応じて設定する。レーザ1の試料2への入射角 $\theta$ は、0°、15°、30°および45°

とした。試料 2 として、いずれも厚さ寸法が  $50\text{ }\mu\text{m}$  の Si、Cu テープおよび Al テープ、Al 箔を用いた。このようにして得られた周期構造の観測には、レーザ顕微鏡および原子間顕微鏡 (AFM) を使用した。

### 【0031】

[Si の周期構造 (入射角  $0^\circ$ ) ]

$f = 100\text{ mm}$  の平凸レンズ 24 により試料 2 としての Si 基板の表面に、加工閾値近傍のレーザ 1 を 3 スキャンして、周期構造を作成した。レーザ 1 の走査方向と偏光方向が平行な場合の周期構造を、図 3 (a) (b) に示す。また、偏光方向を  $90^\circ$  回転させた場合の周期構造を、図 4 (a) (b) に示す。図 3 (a), 図 4 (a) が全体の様子を示し、図 3 (b), 図 4 (b) が作成された周期構造を拡大した詳細を示す。図 3 (a), 図 4 (a) において、それぞれ 3 スキャンしているのが理解し易いように、2 スキャン目は途中でレーザ照射を停止している。これらの周期構造は、すべて偏光方向に直交して形成されている。周期構造の周期ピッチはレーザ波長  $\lambda$  ( $800\text{ nm}$ ) よりやや短く、 $700\text{ nm}$  前後となった。各スキャンのオーバーラップ部も大きな乱れは見受けられない。

### 【0032】

さらに、レーザフルエンスを加工閾値ぎりぎりまで低下させ、極力アブレーションを抑えた場合の周期構造を、図 5 に示す。周期構造の周期ピッチは  $795\text{ nm}$  であり、レーザの波長  $\lambda$  (中心波長  $800\text{ nm}$ ) とよく一致している。

### 【0033】

より広い範囲に周期構造を形成するため、ビームエキスパンダを用いてレーザを拡大し、さらに、 $f = 100\text{ mm}$  のシリンドリカルレンズを用いて周期構造を形成したところ、周期構造が幅  $2\text{ mm}$  以上にわたって 1 スキャン形成された。この周期構造を図 6 に示す。周期ピッチは  $700\text{ nm}$  であり、平凸レンズにより加工閾値近傍で形成された周期構造 (図 3) と大差ないものが得られた。

### 【0034】

シリンドリカルレンズにより得られた周期構造に白色光を照射すると、分光能力が認められ、広い範囲に一定間隔の周期構造が得られていることが確認された。その様子を図 7 (a) (b) に示す。図 7 (a) は、周期構造に白色光を照射

する状態を示し、図7 (b) は周期構造に白色光を照射して得られた分光状態を示す。

#### 【0035】

[Cuテープの周期構造 (入射角  $0^\circ$ ) ]

$f = 100\text{ mm}$  のシリンドリカルレンズを用いてCuテープに周期構造を形成したところ、Siと同様に周期構造が幅2 mm以上にわたって1 スキャンで形成された。ただし、Cuテープの場合は、ワークディスタンスを焦点距離より1 mm短い99 mmとしたときに、比較的良好な周期構造が得られた。また、Siの場合 ( $E = 100\text{ }\mu\text{J/pulse}$ ) と比較すると、3倍強のパルスエネルギー ( $E = 400\text{ }\mu\text{J/pulse}$ ) が必要であった。図8 (a) は周期構造を示し、周期構造の周期ピッチは約700 nmで、Siの場合とほとんど差異は認められない。シリンドリカルレンズにより得られた上記の周期構造に白色光を照射すると、Siと同様に、分光能力が認められた。その様子を図8 (b) に示す。

#### 【0036】

[Alテープの周期構造 (入射角  $0^\circ$ ) ]

ビームエキスパンダおよび  $f = 100\text{ mm}$  のシリンドリカルレンズを用いてAlテープおよびAl箔に周期構造を形成したところ、それぞれ図9 (a) および図9 (b) に示すような、周期構造が得られた。Alテープの周期構造の周期ピッチは600 nmであった。また、Alテープの周期構造に白色光を照射して分光能力について調べた結果、図9 (c) に示すように、分光能力が認められた。

#### 【0037】

[周期構造の入射角および走査方向依存性]

波長  $\lambda$  のレーザ1が入射角  $\theta$  で試料2に照射された場合、図10 (a) (b) に示すような、2種類の干渉が生じる。以後、これらの干渉を区別して、図10 (a) のような周期が広い干渉をs-タイプの干渉と称し、図10 (b) のような周期が狭い干渉をs+タイプの干渉と称する。それぞれの周期を  $X_{s-}$ 、 $X_{s+}$  とすると、図10 (a) の場合の周期  $X_{s-}$  は、次式 (1) で与えられる。

#### 【0038】

【式 1】

$$X_{s-} = \frac{\lambda}{1 - \sin \theta} \quad (1)$$

【0039】

また、図 10 (b) の場合の周期  $X_{s+}$  は、次式 (2) で与えられる。

【0040】

【式 2】

$$X_{s+} = \frac{\lambda}{1 + \sin \theta} \quad (2)$$

【0041】

ビームエキスパンダおよびシリンドリカルレンズを用いて、入射角  $\theta = 15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  でレーザ 1 を試料 2 に照射したところ、Si および Cu テープでは、異なる周期を持つ周期構造が重なって現われた。特に、図 11 に示す送り方向 L の場合、周期の広い s-タイプ、周期の狭い s+タイプともコントラストよく形成された。一方、送り方向 R の場合には、送り方向 L の場合と比較すると、s-タイプの形成が、未発達であった。

【0042】

Cu テープに入射角  $45^\circ$ 、送り方向 L で形成した周期構造を図 12 (a) (b) に示す。図 12 図 (a) (b) は同一個所においてピント位置を変化させて撮影したもので、同位置に s-タイプと s+タイプの周期構造が形成されているため、この送り方向 L では、比較的 s-タイプの周期構造が明瞭に形成されており、s+タイプの周期構造の観察時にも、s-タイプの周期構造がうっすらと確認できる。

## 【0043】

Cuテープに入射角 $45^\circ$ 、送り方向Rで形成した周期構造を図13(a)(b)に示す。この送り方向Rでも、2タイプの周期構造が形成されるが、sタイプの周期構造は途切れ勝ちになり、s+タイプの周期構造の観察時には、sタイプの周期構造がほとんど分からず、sタイプの周期構造は、送り方向Lの場合の方が形成され易いことが分かる。

## 【0044】

Si, Cuテープにおける周期構造の周期と入射角の関係を、理論値とともに図14に示す。

## 【0045】

送り方向Lの場合に、周期ピッチの大きなsタイプの周期構造が現われ易い原因は、次のように考えられる。すなわち、送り方向Lの場合、図15(a)に示すように、sタイプの周期構造31がまず平滑面に形成され、試料2が送られるとともに、s+タイプの周期構造32が重なって形成されていくのに対して、送り方向Rの場合は、図15(b)に示すように、先に周期ピッチの狭いs+タイプの周期構造32が平滑面に形成されるために、sタイプの周期構造が現われ難くなる。

## 【0046】

以上のように、Si, CuテープおよびAlテープに対して、直線偏光のフェムト秒レーザにより、加工閾値近傍のフルエンスで微細周期構造の作成を行なった結果、以下のことが確認された。

## 【0047】

- ① Si, Cu, Alはシリンドリカルレンズを用いて試料表面に一軸レーザを照射および走査することにより、広範囲に周期構造を作成することができる。
- ② 周期構造は、入射角依存性を持ち、その周期の理論値は $\lambda / (1 \pm \sin \theta)$ となる。
- ③ 周期構造は、走査方向依存性を持ち、送り方向Lのとき、sタイプの周期構造が現われ易い。
- ④ 周期構造は、同じメカニズムで形成されており、入射光と表面散乱光の干渉に

よって形成される。

#### 【0048】

なお、上記のSi, CuテープおよびAlテープ以外の試料についても、上記Si, CuテープおよびAlテープと同様に周期構造の作成が可能であった。

#### 【0049】

##### 【発明の効果】

本発明の周期構造作成方法は、材料表面に、一軸でかつ加工閾値近傍のレーザを照射し、その照射部をオーバーラップさせながら走査して、入射光とその材料表面に沿った散乱光の干渉部分のアブレーションによって自己組織的に周期構造を作成することを特徴とするものであるから、従来のようなレーザを2分割した2軸レーザを用いることなく、一軸のみのレーザ照射および走査によって、連続的、かつ、広範囲に周期構造を作成することができる。また、入射光と表面散乱光との干渉による自己組織化によって周期構造が形成されるので、レーザの走査速度を任意に設定しても周期構造が形成でき、光軸管理が容易である。さらに、テーブルが振動しても周期構造が形成される。さらにまた、装置の構成が簡単かつ安価になる。レーザを縦方向に走査して周期構造を作成した後、レーザの走査方向または偏光方向を90°または任意の角度だけ変更して走査すれば、碁盤目状または菱形状などの周期構造を作成することもできる。

#### 【0050】

したがって、例えば、マイクロマシンなどの微細部品において、周期構造形成によって、空気中の水分などの凝縮に起因する引き離し力の増大を阻止して、操作性のよい微細部品を製造することが可能になる。また、自動車エンジン部品などの高速で摺動する部分を有する部品などにおいては、周期構造による摺動部面積の減少と潤滑油の保持性の向上との相乗作用により、摺動抵抗が小さい摺動部品を製造することが可能になる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の実施形態の周期構造作成方法について説明する概略斜視図である。

#### 【図2】



本発明の実施形態の周期構造作成に用いる装置の概略構成図である。

【図 3】

(a) は本発明の実施形態の周期構造作成方法によって S i 表面にレーザを 3 スキャン走査して形成した周期構造の平面図、

(b) は (a) の周期構造の拡大詳細図である。

【図 4】

(a) は本発明の実施形態の周期構造作成方法により S i 表面に偏光方向を 90° 回転させてレーザを 3 スキャン走査して形成した周期構造の平面図、

(b) は (a) の周期構造の拡大詳細図である。

【図 5】

本発明の実施形態の周期構造作成方法によりレーザフルエンスを加工閾値ぎりぎりにして S i 表面に形成した周期構造の平面図である。

【図 6】

本発明の実施形態の周期構造作成方法により S i 表面にシリンドリカルレンズを用いて形成した周期構造の拡大詳細図である。

【図 7】

(a) は本発明の周期構造作成方法により S i 表面に形成した周期構造部に白色光を照射した場合の説明図、

(b) は (a) の周期構造における分光状態説明図である。

【図 8】

(a) は本発明の実施形態の周期構造作成方法により C u テープ表面にシリンドリカルレンズを用いて形成した周期構造の平面図、

(b) は (a) の周期構造における分光状態説明図である。

【図 9】

(a) は本発明の周期構造作成方法により A l テープ表面に形成した周期構造の拡大詳細図、

(b) は本発明の周期構造作成方法により A l 箔表面に形成した周期構造の拡大詳細図、

(c) は (a) の A l テープ表面に形成した周期構造に白色光を照射した場合

の分光状態説明図である。

【図 10】

- (a) は入射光と散乱光との s-タイプ干渉の生成理由の説明図、  
(b) は入射光と散乱光との s+タイプ干渉の生成理由の説明図である。

【図 11】

入射光が角度を有する場合の試料の送り方向の定義図である。

【図 12】

Cu テープを送り方向 L に走査した場合における周期構造で、

- (a) は s-タイプの周期構造の拡大詳細図、  
(b) は s+タイプの周期構造の拡大詳細図である。

【図 13】

Cu テープを送り方向 R に走査した場合における周期構造で、

- (a) は s-タイプの周期構造の拡大詳細図、  
(b) は s+タイプの周期構造の拡大詳細図である。

【図 14】

Si, Cu の周期構造における周期ピッチの入射角依存性について示す特性図である。

【図 15】

(a) は送り方向 L の場合における周期構造の形成メカニズムについて説明する模式図、

(b) は送り方向 R の場合における周期構造の形成メカニズムについて説明する模式図である。

【符号の説明】

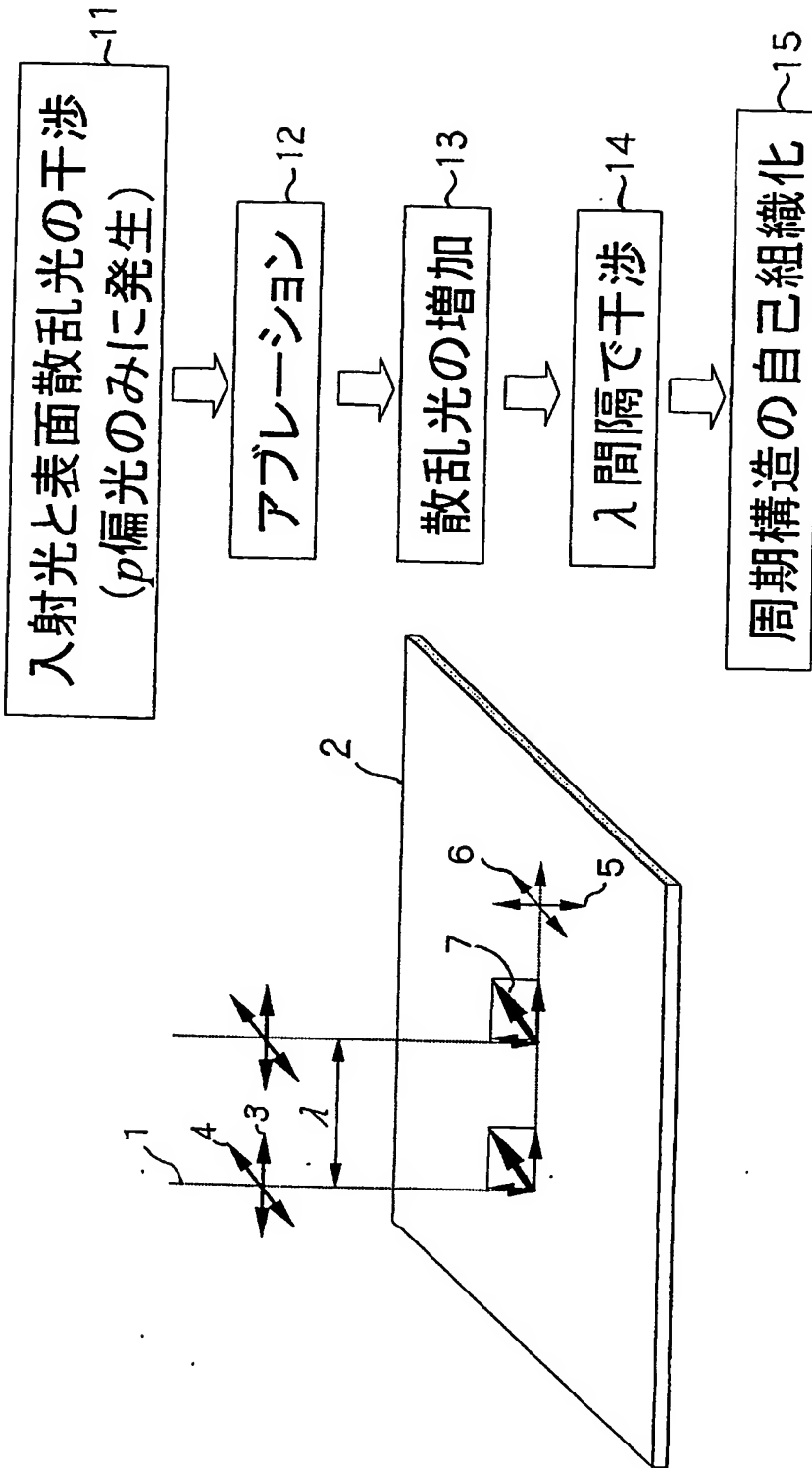
- 1 レーザ (入射光)
- 2 試料
- 3 入射光の p 偏光成分
- 4 入射光の s 偏光成分
- 5 表面散乱光の p 偏光成分
- 6 表面散乱光の s 偏光成分

- 7 定在波
  - 1 1 入射光と表面散乱光の干渉
  - 1 2 アブレーション
  - 1 3 散乱光の増加
  - 1 4 波長  $\lambda$  間隔で生じる干渉
  - 1 5 周期構造の自己組織化
  - 2 0 周期構造作成装置
    - 2 1 チタンサファイアレーザ発生装置
    - 2 2  $\lambda/2$  波長板
    - 2 3 偏光ビームスプリッタ
    - 2 4 レンズ
    - 2 5 X-Y- $\theta$  ステージ
  - 3 1 s-タイプの周期構造
  - 3 2 s+タイプの周期構造
    - L 入射光に対して鈍角となる送り方向
    - R 入射光に対して鋭角となる送り方向

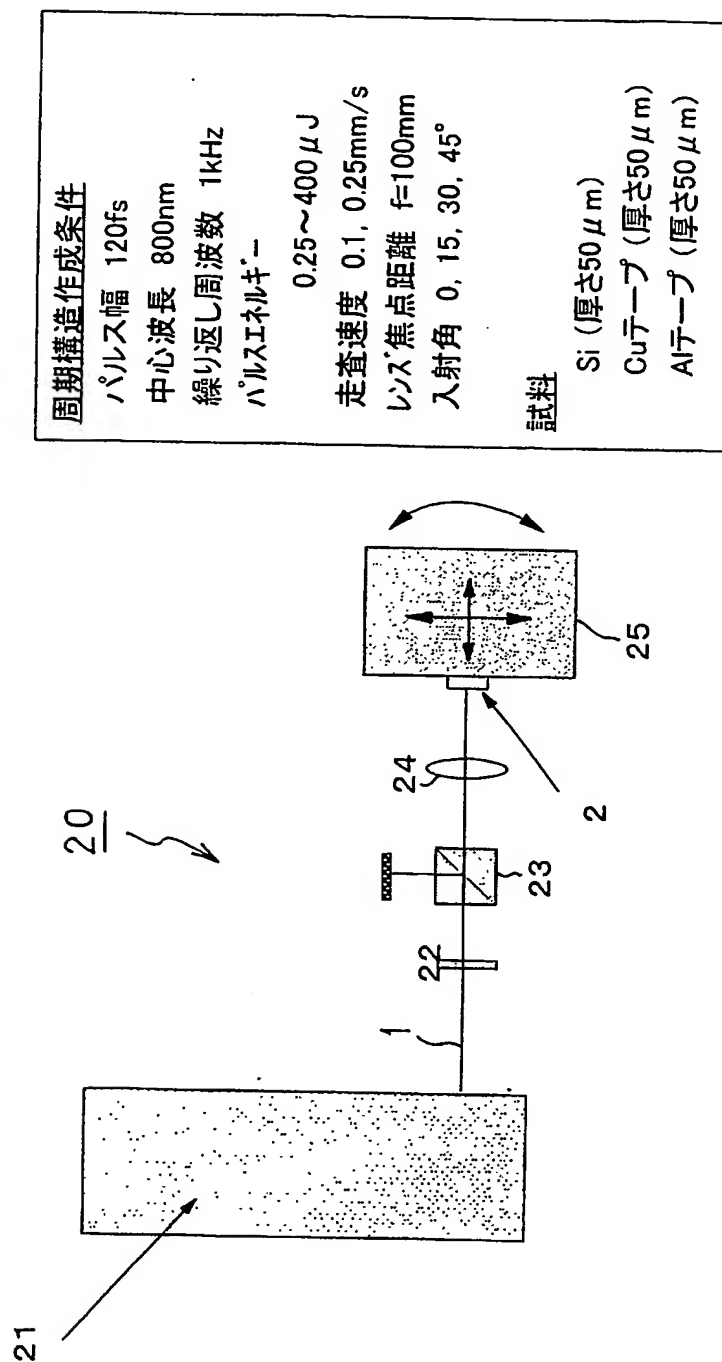
【書類名】

図面

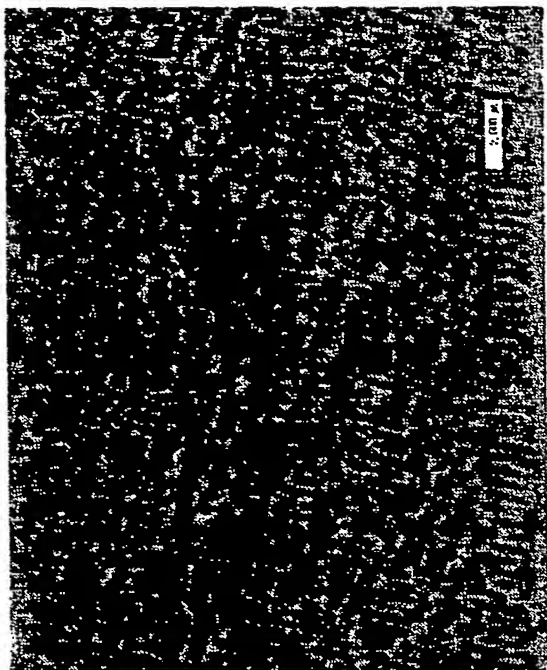
【図 1】



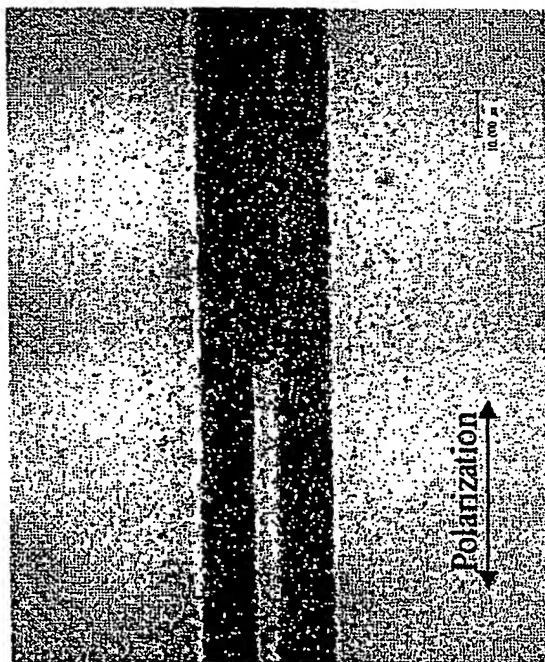
【図 2】



【図 3】



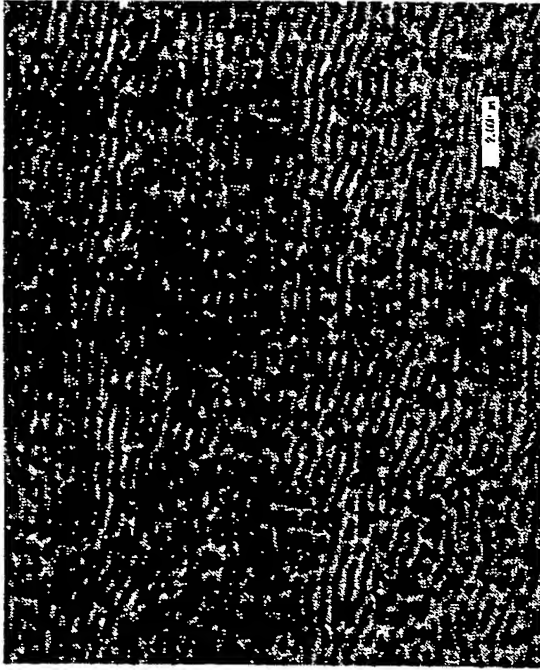
(b)



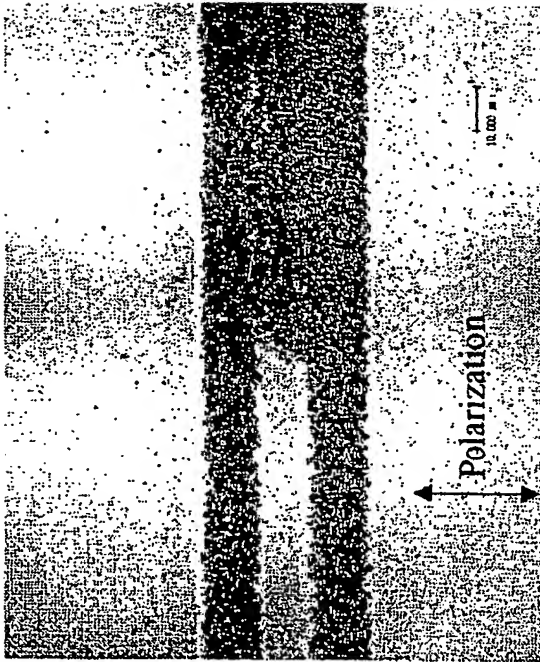
(a)

Si,  $E=0.4 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$  凸レンズ使用

【図 4】



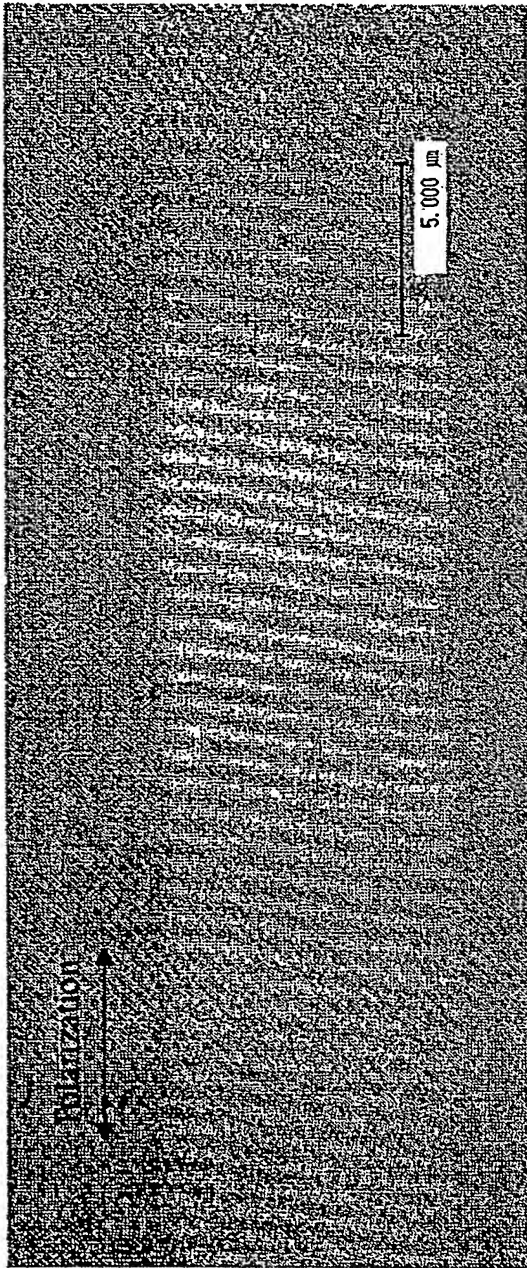
(b)



(a)

Si,  $E=0.45 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$  凸レンズ使用

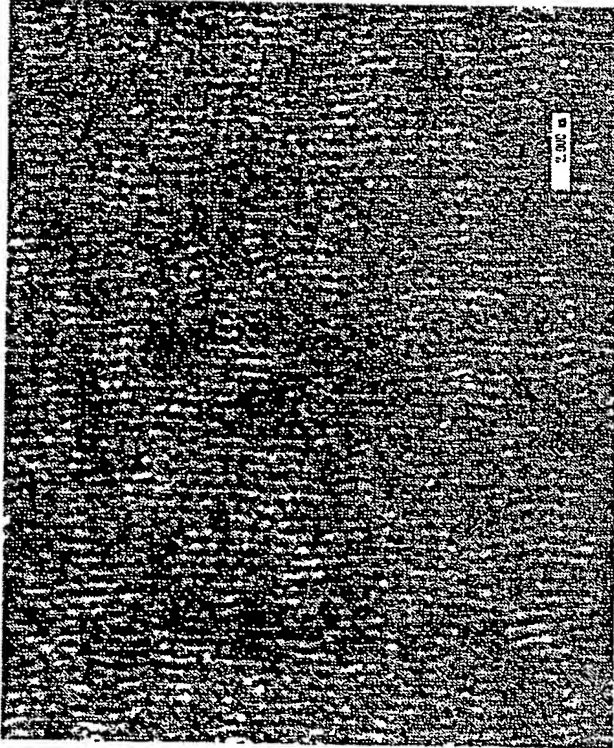
【図 5】



Si,  $E=0.25 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$ 凸レンズ使用

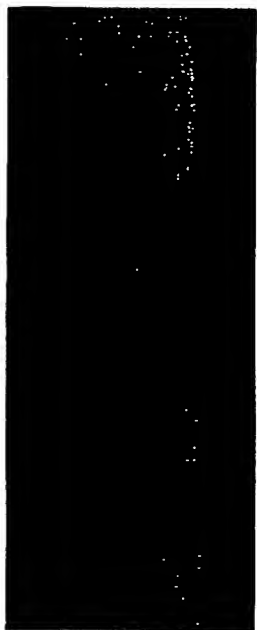


【図 6】

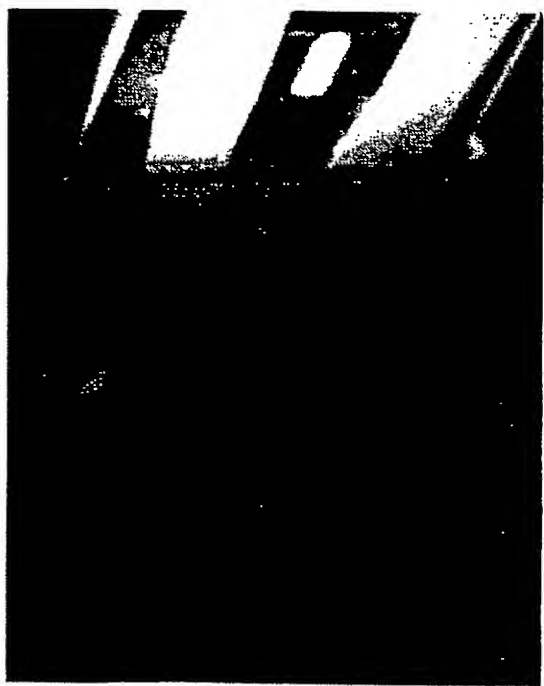


Si,  $E=100\ \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$  シリンドリカルレンズ使用

【図 7】

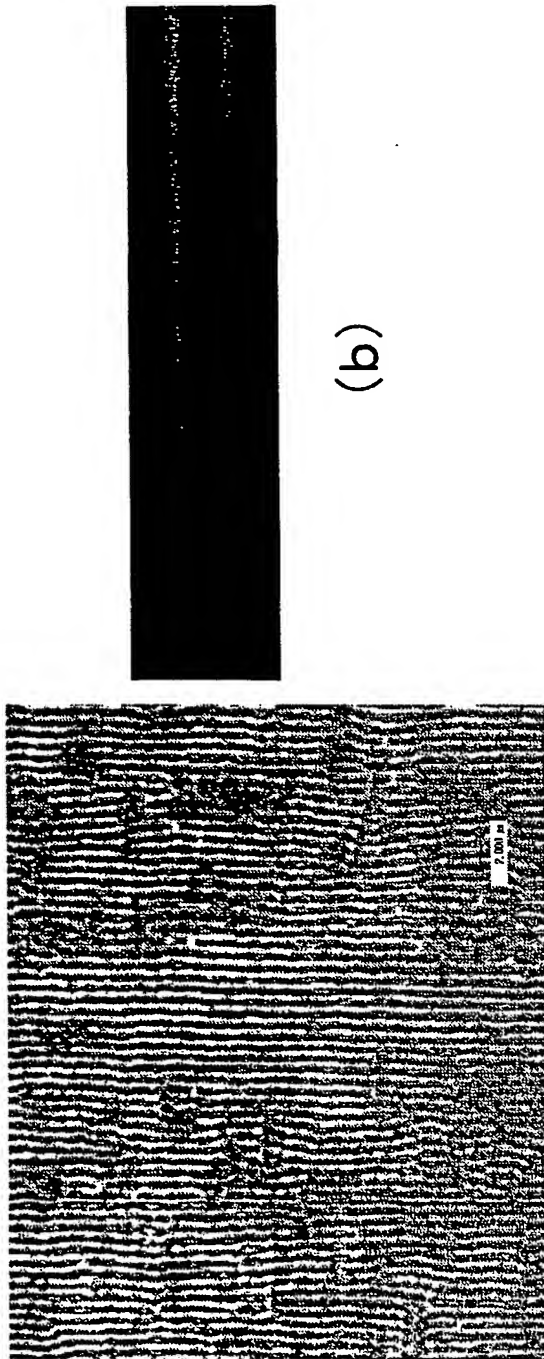


(b)



(a)

【図 8】

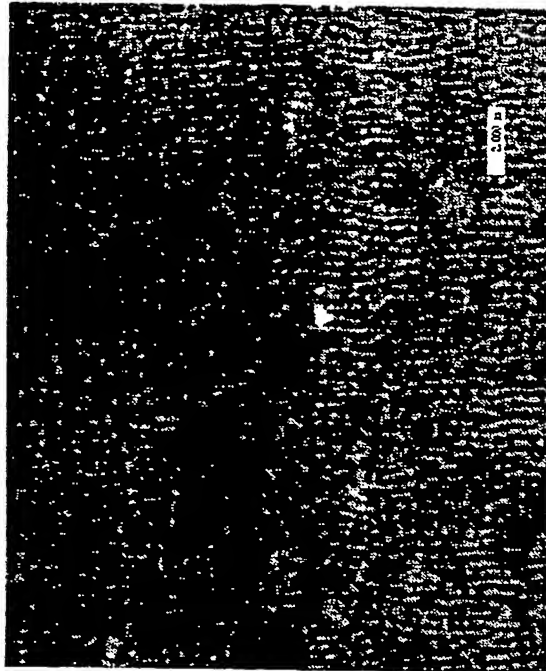


(b)

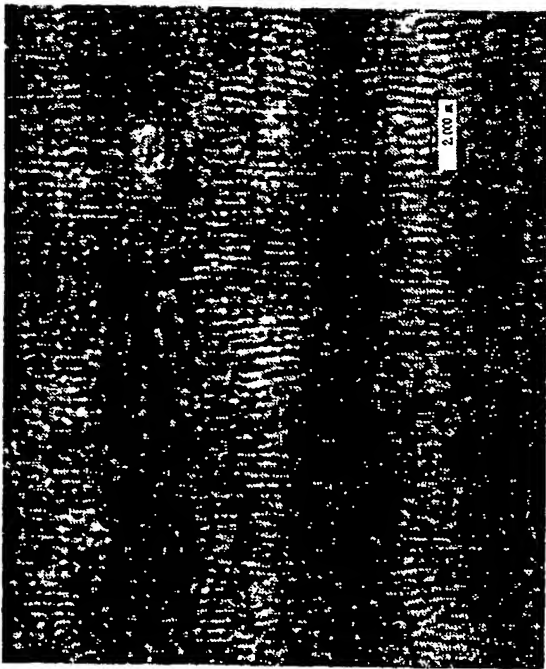
(a)

Cu,  $E=400 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$  シリンドリカルレンズ使用

【図 9】



(a)



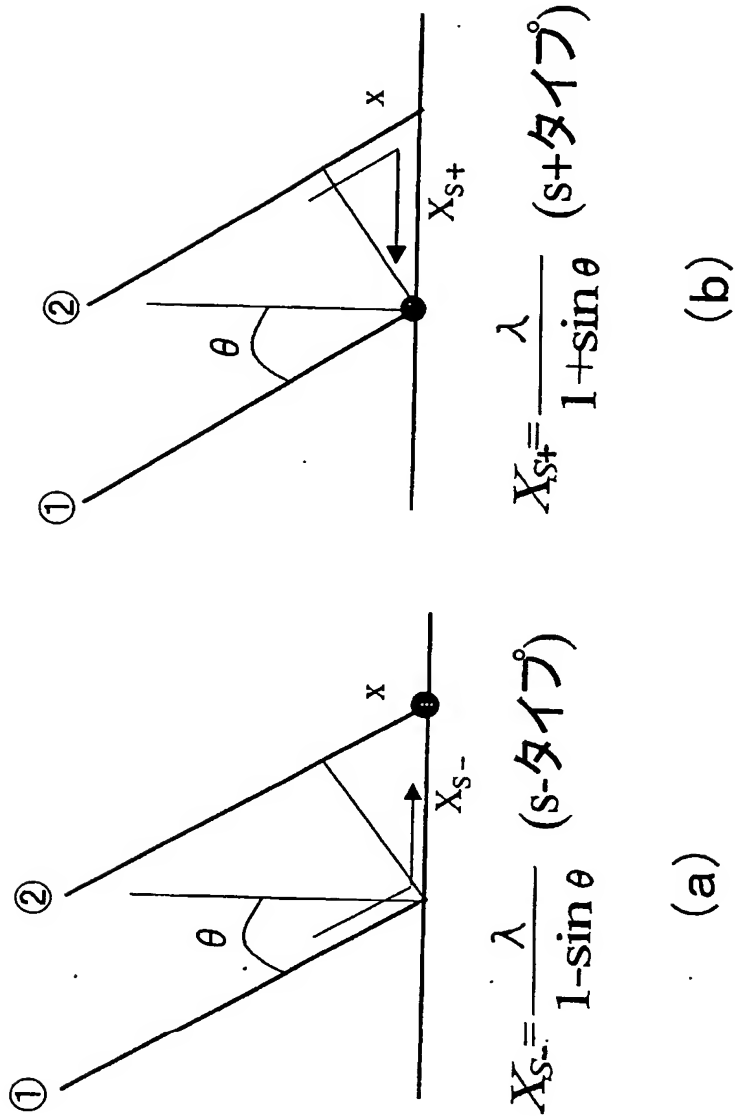
(b)



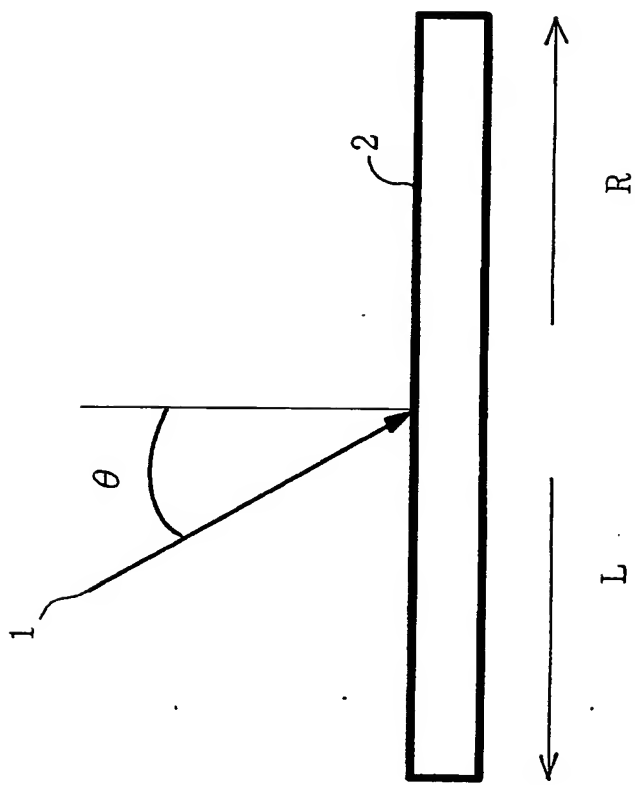
(c)

Al,  $E=220 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.1\text{mm/s}$ ,  $f=100\text{mm}$  シリンドリカルレンズ使用

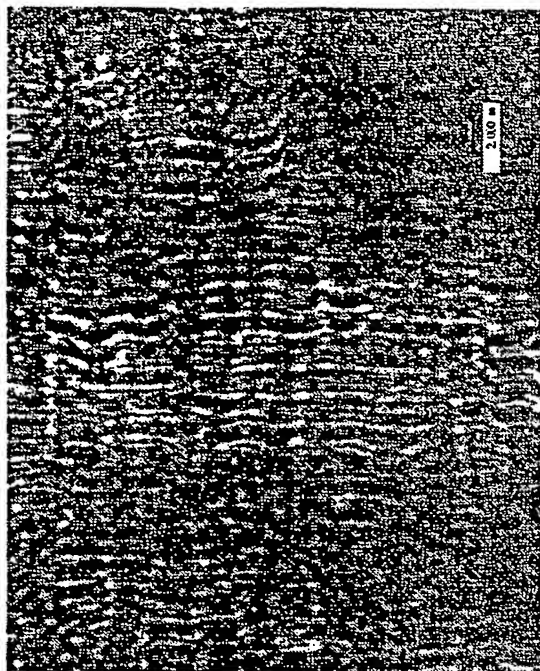
【図 10】



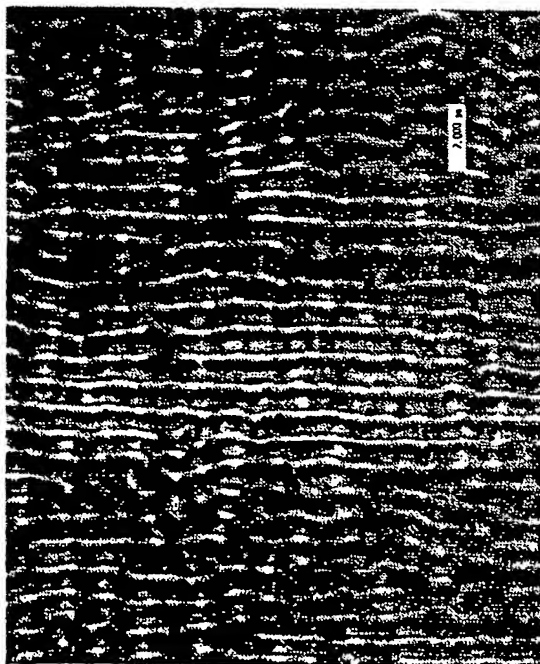
【図 11】



【図 12】



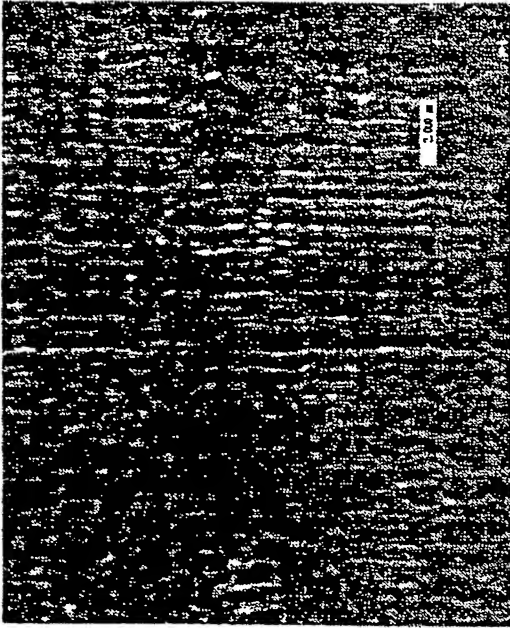
(a)(s-タイプ)



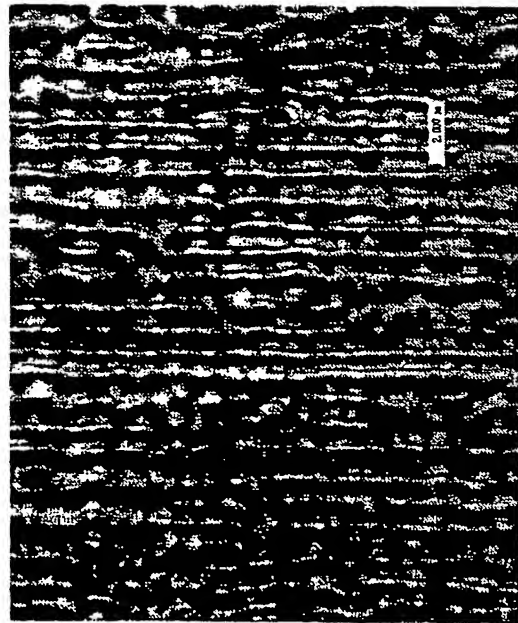
(b)(s+タイプ)

Cu,  $E=360 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $\theta=45^\circ$

【図 13】



(a)(s-タイプ)

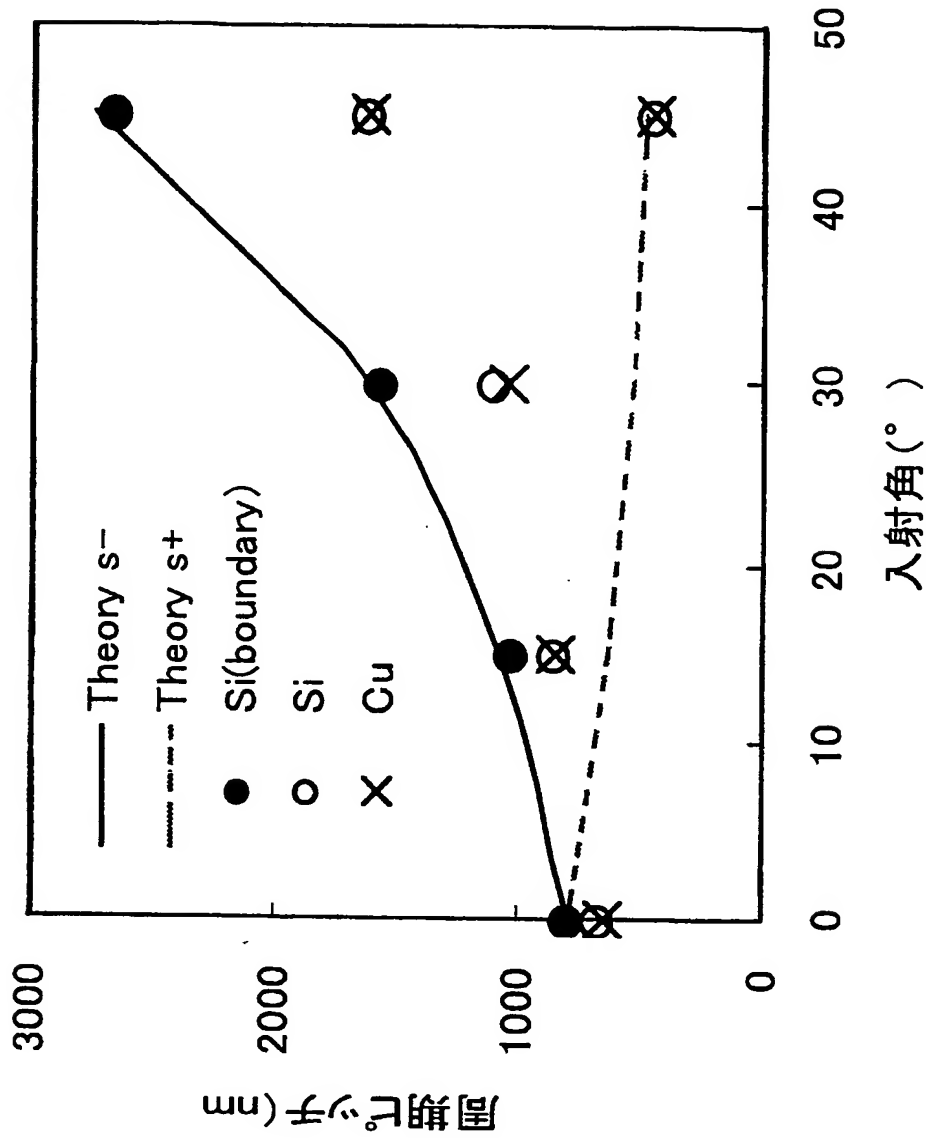


(b)(s+タイプ)

Cu,  $E=360 \mu\text{J/pulse}$ ,  $V=0.25\text{mm/s}$ ,  $\theta=45^\circ$



【図 14】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一軸のレーザを用いて、連続的、かつ、広範囲に周期構造を形成する

。

【解決手段】 一軸で、かつ加工閾値近傍のレーザ1を試料2に照射し、オーバーラップさせながら走査して、入射光と材料表面に沿った散乱光との干渉（11）によるアブレーション（12）によって、散乱光を増大させて（13）、レーザ1の波長 $\lambda$ 間隔で干渉を起こさせて（14）、自己組織的に周期構造を作成する（15）。作成される周期構造は、レーザ1の試料2表面への入射角を変更することによって、その周期ピッチが変更される。また、レーザ1の試料2表面への入射光が角度を有する場合は、その走査方向を変更することによって、その周期ピッチが変更される。

【選択図】 図1

特願 2002-283954

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000110859]

1. 変更年月日 1990年 8月17日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 滋賀県大津市晴嵐2丁目9番1号  
氏 名 ニチデン機械株式会社
2. 変更年月日 2000年10月31日  
[変更理由] 名称変更  
住所変更  
住 所 滋賀県草津市南山田町字縄手崎85番地  
氏 名 エヌイーシーマシナリー株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**